

助成番号 0717

ミネラル成分バランスを考慮した高品質牛肉生産に向けた 固形塩等の活用方法の開発

中嶋 宏明, 今田 哲雄

山形県農業総合研究センター畜産試験場家畜改良科

概要 牛をはじめとする反芻動物に対するミネラル給与方法として、固形塩が一般的に利用されている。固形塩は、繁殖機能亢進や尿石症防止といった疾病防止のために主に用いられている。そこで本研究では、ミネラル含有量の違いが黒毛和種の産肉性等に及ぼす影響について明らかにするとともに、現状では疾病防止のために用いられている固形塩について、ミネラル成分バランスを考慮した高品質牛肉生産に向けた活用方法を検討した。

牛飲用水(以下、飲水)中及び肥育後期飼料(以下、飼料)中ミネラルを測定し、黒毛和種肥育農場(以下、農場)間を比較したところ、農場間で差が認められた。農場における飲水・飼料中のミネラル測定結果と枝肉格付け成績(BMSNo.いわゆる「霜降り」や、皮下脂肪・ロース芯面積などの肉質)を用いて統計解析を行った。その結果、BMSNo. と飲水中Na・飼料中Zn、ロース芯面積と飲水中Na・飼料中Zn・飼料中K・飼料中Ca、バラ厚と飲水中Na・飼料中Na、皮下脂肪と飲水中pH・飲水中Kの関連性が示唆された。これらの結果をもとに、枝肉格付け成績とミネラルの予測プロファイルを行ったところ、BMSNo. 6.60の成績を挙げるには飼料中Zn 0.19 g、飲水中Na 9.75 ppmが必要であり、ロース芯面積52.81 cm²の成績を挙げるには飼料中Zn 0.19 g、飲水中Na 9.51 ppmが必要であると予測した。

本研究において、BMSNo. とロース芯面積などの枝肉格付け成績に対して、Naなどのミネラルが関与していることが明らかになった。固形塩等により必要ミネラルを添加することによって産肉性を向上できる可能性が示唆されたが、過剰給与による生体への悪影響を考慮し、現状の飲水・飼料中に含まれるミネラルを把握した上で、適量を添加する必要があると考える。今後、ミネラルバランスを考慮した高品質牛肉生産に向けた固形塩等の活用方法を実用化するにあたって、固形塩等の給与量・形状等を十分精査する必要がある。

1. 研究目的

生体の無機質は、水分(約65%)とミネラル(約4~5%)で全体の約70%を占め、Ca、K、Na、Mgなどのマクロミネラル(多量元素)とFe、Znなど数十種類のミクロミネラル(微量元素)が存在する。それらは相互に影響しながら、浸透圧やpHの調節、酸・塩基平衡の維持、細胞膜の電位形成など物理化学的な恒常性維持に重要な役割を担っている。また、ミネラルは、骨、細胞膜、染色体、補酵素などの構造体の成分や神経・筋の神経伝達、筋収縮などの生理活性物質としての多様なはたらきをしている。

牛は、動物分類学上から見ると偶蹄類目と反芻亜目に

属することになる。したがって、胃は第一胃から第四胃まで四つの部分に分かれて、第四胃のみが単胃動物と同じような機能を持っている。反芻動物では、飼料、飲水などを多量にまた連続的に摂取するだけでなく、唾液や消化液を多量にまた連続的に消化管内に分泌する。さらに、水分と主要なミネラルを膨大な消化管に長く滞留させ、再吸収するという再循環機能(唾液循環、胃液循環、胆汁・膵液循環、腸管循環など)を備えている。それらは自然界において反芻動物が単胃動物に比べ、乾燥などの自然環境の変動に対して強い耐性をもつ要因といわれている¹⁾。牛をはじめとする反芻動物に対するミネラル給与方法とし

て、固形塩が一般的に利用されている。ミネラル不足によって発生する疾病として、Co 欠乏²⁾ や Se 欠乏³⁾⁴⁾ が報告されており、このような欠乏症や、繁殖機能亢進や尿石症防止といった疾病防止のために固形塩が主に用いられている。

反芻家畜のミネラル代謝と関連して、消化管内の各種ミネラルの動態については主に羊に関する報告が多数あるが^{5) 6) 7) 8) 9)}、黒毛和種での報告はみられない。また、各ミネラルの吸収にはミネラルが相互に影響しあうため^{10) 11) 12)} その吸収動態を知ることは難しい。そこで本研究では、ミネラル含有量の違いが黒毛和種の産肉性等に及ぼす影響について明らかにするとともに、現状では繁殖機能亢進や尿石症防止のために主に用いられている固形塩について、ミネラル成分バランスを考慮した高品質牛肉生産に向けた活用方法を検討した。

2. 研究方法

2.1 材料及び研究方法

飲用水中ミネラル測定の供試材料として、81 農場の飲用水を用いた。農場間の多寡を把握するスクリーニングを目的とし、原子吸光光度法¹³⁾ で測定した。さらに、pH メータを用いて pH 測定も実施した。

飼料中ミネラル測定の供試材料として、48 農場の肥育後期飼料を用いた。農場間の多寡を把握するスクリーニングを目的とし、希塩酸抽出法¹⁴⁾ による前処理の後、飼料分析法の原子吸光光度法で測定した。

枝肉格付け成績の調査対象として、平成 16 年から平成 19 年まで県内食肉公社の枝肉市場に黒毛和種の枝肉を 4 頭以上上場した農場の成績を用いた。該当する農場は 84 農場であり、3,271 頭の去勢及び雌牛枝肉を用いた。

2.2 統計解析

農場における飲水・飼料中のミネラル測定結果と枝肉格付け成績 (BMSNo.、いわゆる「霜降り」や、皮下脂肪・ロース芯面積などの肉質) を用いて寄与率などの統計解析を行った。統計解析は SAS. Institute Inc. JMP7 を用いて重回帰分析¹⁵⁾ により処理した。

3. 研究結果及び考察

3.1 飲水中のミネラル測定

81 農場の飲水を用いて、原子吸光光度計による飲水中ミネラル (K, Na, Ca, Fe, Mg, Zn) 検出及び pH メータによる pH の測定を行った。飲水の水源の内訳は、井戸水使用 53 農場、水道水使用 21 農場、沢水使用 4 農場、水道水と井戸水併用 3 農場で、それぞれの割合は 65.4%、25.9%、4.9%、3.7%と井戸水を使用する割合が最も多かった (Fig. 1)。井戸水、水道水、沢水を比較したところ、井戸水は水道水と沢水に比べ Na, K, Ca, Fe, Mg, Zn, pH、硬度が高い傾向にあった (Table 1)。

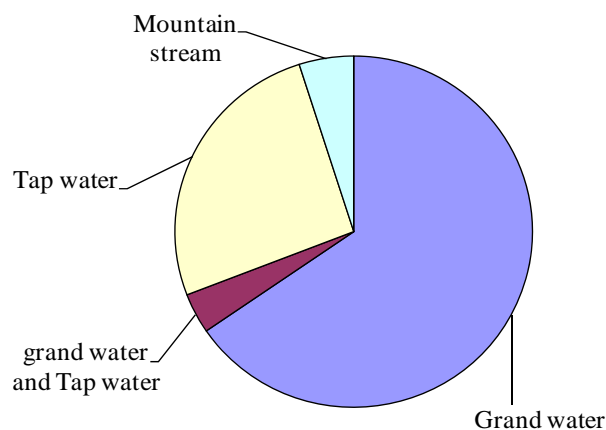


Fig. 1. Ratio of water

Table 1. Comparison of a mineral included in water

	n	K (ppm)	Na (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Zn (ppm)	Consistency (mg/l)	pH
Grand water	53	2.3	12.7	8.1	0.6	3.8	0.1	36.0	7.4
Tap water	21	1.0	9.1	7.9	0.2	2.5	0.1	29.9	7.4
Mountain stream	4	1.2	6.7	1.9	0.3	1.0	0.1	8.7	7.3

81農場の平均は、K 1.9 ppm、Na 11.4 ppm、Ca 7.6 ppm、Fe 0.4 ppm、Mg 3.3 ppm、Zn 0.1 ppm、pHは7.4、硬度は30.9 mg/lと軟水であった。さらに、農場間を比較すると、Kは0.0～5.5 ppm、Naは2.9～40.1 ppm、Caは0.1～21.0 ppm、Feは0.0～6.5 ppm、Mgは0.2～16.9 ppm、Znは0.0～0.5 ppm、pHは5.6～8.7と農場間で差が認められ(Table 2)、硬度は0.8～119.8 mg/lと軟水～中程度軟水であった。

3.2 牛飼料中のミネラル含有量測定

牛には粗飼料と濃厚飼料が給与飼料されているが、濃厚飼料は粗飼料に比べて、生産に利用される正味エネルギーの割合が高い¹⁶⁾といわれている。48戸農場における濃厚飼料(肥育後期)を対象に、原子吸光光度計による飼料中ミネラル(K, Na, Ca, Fe, Mg, Zn)検出及びpHの測定を行った。48農場の平均は、K 114.1 g、Na 23.1 g、Ca 16.2 g、Fe 0.7 g、Mg 22.3 g、Zn 0.2 gであった。さらに、農場間のミネラルを比較すると、Kは64.1～175.6 g、Naは3.2～52.8 g、Caは8.5～37.5 g、Feは0.2～3.2 g、Mgは

14.9～30.0 g、Znは0.1～0.4 gと農場間で差が認められた(Table 3)。

3.3 枝肉格付け成績の集計

平成16年から平成19年まで県内食肉公社の枝肉市場に、黒毛和種の枝肉を4頭以上上場した農場の枝肉格付け成績(枝肉重量、ロース芯面積、バラ厚、皮下脂肪厚、BMSNo.)の平均値を算出した。枝肉格付け成績を集計したところ、全ての項目の平均値において去勢と雌の間に有意な差が認められた(Table 4)。

枝肉格付けにおいて性別による差が認められたことから、性別による影響を少なくするために、データ数の多い雌牛の成績を重回帰分析の対象とした。

3.4 重回帰分析

飲水・飼料中のミネラル測定結果と雌牛枝肉格付け成績が重複している30農場の成績を用いて重回帰分析を行った。その結果、BMSNo.に対する飲水中Na・飼料中Znの寄与率は0.68、ロース芯面積に対する飲水中Na・飼料中Zn・飼料中K・飼料中Caの寄与率は0.89、バラ厚に

Table 2. Mean of a mineral included in water

		Mean value	Standard deviation	minimum	maximum
K	(ppm)	1.9	1.5	0.0	5.5
Na	(ppm)	11.4	7.1	2.9	40.1
Ca	(ppm)	7.6	5.0	0.1	21.0
Fe	(ppm)	0.4	1.1	0.0	6.5
Mg	(ppm)	3.3	3.0	0.2	16.9
Zn	(ppm)	0.1	0.1	0.0	0.5
Consistency	(mg/l)	30.9	23.8	0.8	119.8
pH		7.4	0.5	5.6	8.7

n = 81

Table 3. Mean of a mineral included in feed

		Mean value	Standard deviation	minimum	maximum
K	(g)	114.1	23.3	64.1	175.6
Na	(g)	23.1	12.3	3.2	52.8
Ca	(g)	16.2	7.2	8.5	37.5
Fe	(g)	0.7	0.6	0.2	3.2
Mg	(g)	22.3	4.1	14.9	30.0
Zn	(g)	0.2	0.1	0.1	0.4

n = 48

Table 4. Mean of Carcass grading

	n	Carcass weight (Kg)	Rib eye area (cm ²)	Rose thickness (cm)	Subcutaneous fat (cm)	BMSNo.
Steers	30	479.9 ^a	57.5 ^a	7.9 ^a	2.5 ^b	7.2 ^b
Female	54	407.9 ^b	52.8 ^b	7.4 ^b	2.9 ^a	6.6 ^a

a - b: P < 0.05, n = farm several

Table 5. Carcass grading and association of a mineral

Purpose fluent	Explanation fluent	Contribution ratio
BMSNo.	Na (in water), Zn (in feed)	0.68
Rib eye area	Na (in water), Zn (in feed), K (in feed), Ca (in feed)	0.89
Rose thickness	Na (in water), Na (in feed)	0.70
Subcutaneous fat	PH (in water), K (in water)	0.58

対する飲水中 Na・飼料中 Na の寄与率は 0.70、皮下脂肪に対する飲水中 pH・飲水中 K の寄与率は 0.58 であり、BMSNo. やロース芯面積などの枝肉格付け成績と飲水中 Na・飼料中 Zn 等のミネラルの関連性が示唆された (Table 5)。枝肉重量とミネラルの関連性は認められなかった。一方、枝肉市場評価の上ではロース芯面積が大きく、バラが厚く、皮下脂肪の薄いものが好まれており、また BMSNo. が高いものが肉質の優れたものとして好まれている。今回の分析で共通するミネラルが多い BMSNo. とロース芯面積に着目し、これらのミネラルバランスについて推察した。

BMSNo. と飲水中 Na・飼料中 Zn のプロットを示す (Fig. 2, Fig. 3)。飲水中 Na は右上がり、飼料中 Zn は右下がりの直線であり、点線の 95%信頼区間曲線の区間内に y の平均線が含まれていないことから、y の変動を説明するのに有効な説明変量であった。得られた重回帰モデルを使って、今回の雌牛の平均的 BMSNo. に必要な飲水中 Na と飼料中 Zn の予測を行ったところ、BMSNo. 6.60 に必要な飲水中 Na は 9.75 ppm、飼料中 Zn は 0.19 g と推定した (Fig. 4)。

ロース芯面積と飲水中 Na・飼料中 Zn のプロットを示す (Fig. 5, Fig. 6)。飲水中 Na は右上がり、飼料中 Zn は右下がりの直線であり、点線の 95%信頼区間曲線の区間内に y の平均線が含まれていないことから、y の変動を説明するのに有効な説明変量であった。得られた重回帰モデル

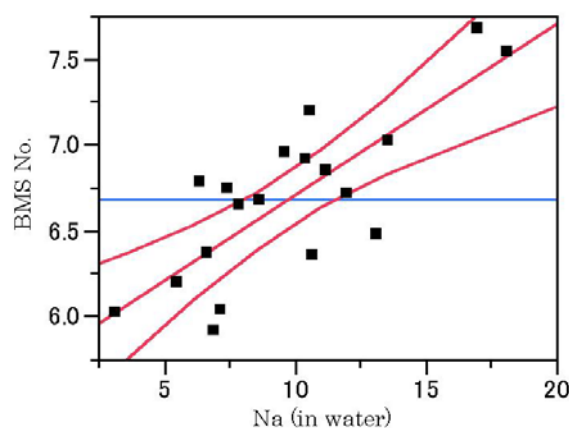


Fig. 2. Relations of BMSNo. and Na in water

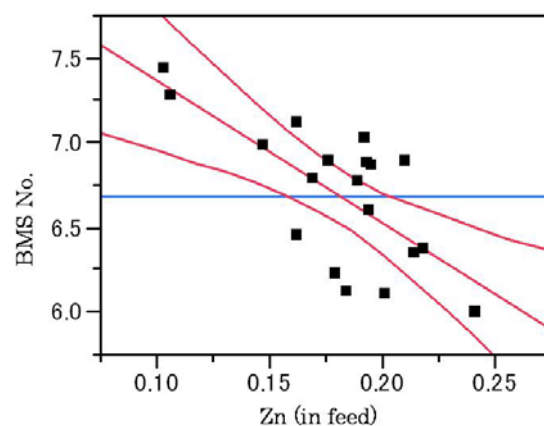


Fig. 3. Relations of BMSNo. and Zn in feed

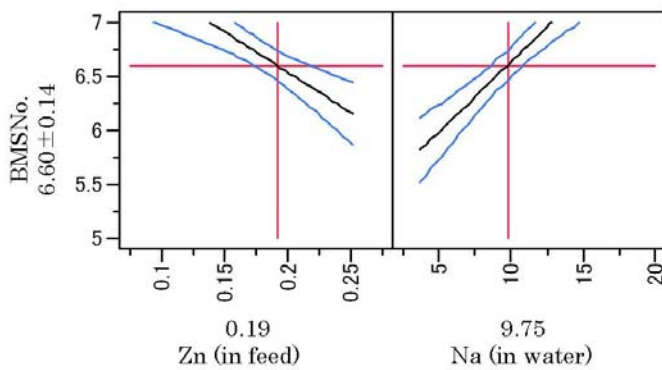


Fig. 4. Prediction profile of BMSNo.

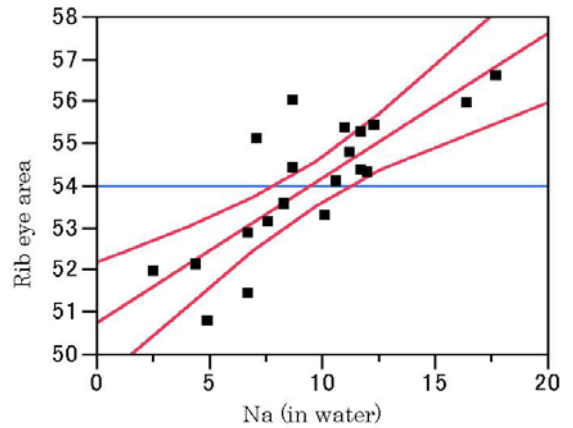


Fig. 5. Relations of Rib eye area and Na in water

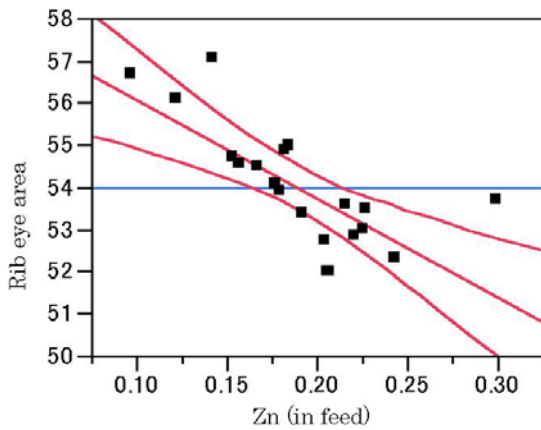


Fig. 6. Relations of Rib eye area and Zn in feed

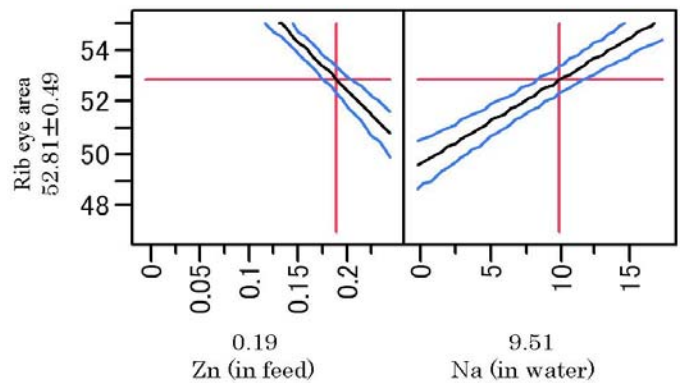


Fig. 7. Prediction profile of a Rib eye area

を使って、今回の雌牛の平均的ロース芯面積に必要な飲水中 Na と飼料中 Zn の予測を行ったところ、ロース芯面積 52.81 cm² に必要な飲水中 Na は 9.51 ppm、飼料中 Zn は 0.19 g と推定した (Fig. 7)。

牛の唾液中に含まれる Na は、重炭酸塩や重リン酸塩の形で存在しており、第一胃内の pH を保持するための緩衝作用を持つものとして重要である¹⁷⁾。さらに、重炭酸 Na を添加すると揮発性脂肪酸が吸収促進すると報告されている^{18) 19) 20)}。動物のエネルギー要求の 60 ~ 80% に相当する揮発性脂肪酸は第一胃上皮から直接吸収されることから、第一胃内の Na 濃度を高めることにより、揮発性脂肪酸の吸収が促進され、効率的なエネルギー蓄積又は脂肪蓄積につながると考えられた。一方、Zn 栄養状態の良いと考えられる血清中 Zn 濃度の高い肥育牛の血清中には脂肪細胞を分化促進する因子が多い、または分化制御する因

子が少ないことが報告されている²¹⁾。これらのことから、脂肪蓄積に関する BMSNo. とロース芯面積に対して、飲水中 Na と飼料中 Zn のバランスが大きな影響を及ぼしていると推察された。

4. 今後の課題

本研究において、BMSNo. とロース芯面積などの枝肉成績に対して、Na や Zn などのミネラルが関与していることが明らかになった。固形塩等により Na や Zn などのミネラルを添加することによって、産肉性を向上できる可能性が示唆されたが、過剰給与による生体への悪影響を考慮し、現状の飲用水・飼料中に含まれるミネラルを把握した上で、適量を添加する必要があると考える。今後、ミネラルバランスを考慮した高品質牛肉生産に向けた固形塩等の活用方法を実用化するにあたって、固形塩等の給与

量・形状等を十分精査する必要がある。

文 献

- 1) 佐々木康之, 反芻動物の栄養生理学, 農文協, pp232-233
- 2) Marston,H.R, Nature, 190, ;1085, 1961
- 3) Ishida,N., Jap.J.Zootech.Sci, 54, ;275, 1983
- 4) Ishida,N., Proceedings of the 5th WCAP, Vol2, ;387, 1983
- 5) Ash RW, J.Physiol., 164, ;4-5, 1962
- 6) Ash RW, Nutr.Soc., 28, ;110-114, 1969
- 7) Benn-Ghedalia D, Nutr.Soc., 33, ;87-94, 1975
- 8) Care AD, J.Physiol., 177, ;174-191, 1965
- 9) Kirk DJ, J.Anim.Sci, 72, ;1029-1037, 1994
- 10) Breardsworth LJ, J.Physiol., 386, ;89, 1986
- 11) Smith RH, J.Nutr., 20, ;703-718, 1966
- 12) Wylte MJ, J.Anim.Sci, 62, ;1219-1229, 1985
- 13) 飼料分析基準研究会, 飼料分析法・解説, 日本科学飼料協会, 2004
- 14) 西口靖彦, 近畿中国四国農業研究センター研究報告, pp133-139, 2007
- 15) 廣野元久, JMPによる多変量データ活用術, 海文堂, pp221-270
- 16) Loffgreen,GP, J.Anim.Sci 19, ;156-163, 1960
- 17) 全国家畜畜産物衛生指導協会, 肉牛衛生ハンドブック, 1995
- 18) 高橋栄二, 栄養生理研究会報, 43(2);91-105, 1999
- 19) Mcknight,D.R., Can.J.Anim.Sci, 59, ;805-807, 1979
- 20) Wheeler,W.E., J.Dairy Sci 63, ;1855-1863, 1980
- 21) Miller,R.W., J.Dairy Sci 48, ;1455-1458, 1980

No. 0717

Development of Solid Salt Feeding Method for High-Quality Beef Production from the View Point of Mineral Balance

HIROAKI NAKAJIMA & TETSUO KONTA

Yamagata General Agricultural Research Center Department of Livestock Science

Summary

As mineral salary methods for ruminant such as cows, solid salt is generally used. Solid salt is used for breeding hyperactivity and prevention of urolithiasis and the disease prevention that we said mainly. Therefore, by this study, we clarify it about the influence that a difference of a mineral gives to production of beef of a Japanese Black. Furthermore, about solid salt used for prevention of disease, we thought about mineral balance and reviewed use procedure for elaboration of beef of high quality.

A difference was found between farms when we compared it between a mineral included in water, a mineral included in feed, these farms which we measured it, and fattening a Japanese Black. We used a mineral included in water, a mineral included in feed, these measurement results and carcass grading results (BMSNo. so-called "marbling beef", Rib eye area, Rose thickness, Subcutaneous fat) and analyzed it. As a result, the next association was suggested. We resembled it, and Na in water, Zn in feed, these 2 were associated BMSNo. Na in water, Zn in feed, K in feed, Ca in feed, these 4 were associated with a sirloin core area. Na in water, Na in feed, these 2 were associated with a rose thickness. As for the subcutaneous fat, pH in water, K in water, these 2 were associated. Based on these results, we performed carcass grading results and a prediction profile of a mineral. When BMSNo. became 6.60 in feed when we increased Na 9.75 ppm in Zn 0.19 g, water, we predicted it. When a Rib eye area became 52.81 cm² in feed when we increased Na 9.51 ppm in Zn 0.19 g, water, we predicted it.

In this study, it became clear that minerals such as Na contributed to BMSNo. and carcass grading results such as sirloin core areas. By adding a necessary mineral by solid salt, the likelihood that could improve by production of beef was suggested. However, it is necessary to add optimum dose after having grasped a mineral included in water and feed by there being bad influence by excessive addition. It will be necessary to study enough quantity and form to give such as solid salt in future on putting practical use methods to practical use.